

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

SVERIGE

(12) PATENTSKRIFT

(13) C2

(11) 513 072

(19) SE

(51) Internationell klass 7
H01L 21/306, 21/311

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET

(45) Patent meddelat 2000-07-03
(41) Ansökan allmänt tillgänglig 1997-11-10
(22) Patentansökan inkom 1996-05-09
(24) Löpdag 1996-05-09
(62) Stamansökans nummer
(86) Internationell ingivningsdag
(86) Ingivningsdag för ansökan om europeisk patent
(83) Deposition av mikroorganism

(21) Patentansöknings-
nummer 9601777-7

Ansökan inkommen som:

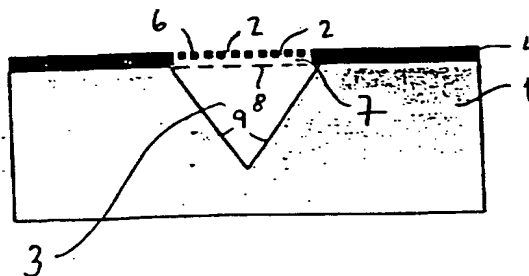
svensk patentansökan
fullföljd internationell patentansökan
med nummeromvandlad europeisk patentansökan
med nummer

(30) Prioritetsuppgifter

- (73) PATENTHAVARE ACREO AB, Electrum 236 164 40 Kista SE
(72) UPPFINNARE Håkan Elderstig, Bromma SE, Christian Vieider, Sollentuna SE
(74) OMBUD Noréns Patentbyrå AB
(54) BENÄMNING Förfarande för tillverkning av kaviteter under membran
(56) ANFÖRDA PUBLIKATIONER:
US A 4 895 616 (156/647)
(57) SAMMANDRAG: Förfarande för tillverkning av kaviteter under ett membran i

ett etsbart material, där ett maskskikt deponeras på ett substrat, varefter två eller flera hål upptages i maskskiktet, varefter substratet etsas medelst en etsvätska genom nämnda hål så att kaviteten bildas och varefter nämnda hål eventuellt förslutes.

Uppfinningen utmärkes av, att substratet består av monokristallint kisel (1), av att ett offerlager (5;40) av etsbart material bringas att anordnas ovanpå en del av substratytan eller alternativt ner i substratet från nämnda del av substratytan, av att ett täckskikt (4) påläggs över substratytan inklusive över offerlagret (5;40), av att täckskiktet (4) mönstras med små öppningar som motsvarar de nämnda hålen, av att täckskiktet (4) etsas så att nämnda hål (2) genom detta bildas, av att en ets som etsar bort offerlagret (5;40) men som inte etsar bort täckskiktet (4) bringas att verka genom hålen (2) så att offerlagret (5;40) bortetsas, av att en anisotrop kiselets bringas att verka genom nämnda hål (2) till dess etsningen avstannar vid ett kristallplan (9) i monokislet och av att hålen (2) eventuellt förslutes medelst ett skikt (10) som deponeras över substratytan.



Föreliggande uppfinning hänför sig till ett förfarande för tillverkning av kaviteter under membran. Närmare bestämt avser uppfinningen ett förfarande för tillverkning av kaviteter i ett monokiselmateriel. Uppfinningen avser ett förfarande som är tillämpligt vid tillverkning av exempelvis mikromekaniska komponenter. Vidare innefattar uppfinningen en mikromekanisk komponent tillverkad enligt föreliggande förfarande.

10

Det är tidigare från det svenska patentet 9304145-7 känt att tillverka ett hålrum eller en kavitet i ett etsbart substrat och att därefter försluta hålrummet. Emellertid utförs det förfarandet så att ett maskskikt deponeras på ett etsbart material, varefter åtminstone ett hål upptages i maskskiktet. Därefter etsas substratet medelst en etsvätska genom nämnda hål. Hålen kan inte göras för stora, därför att de då inte är möjliga att försluta efter fullbordad etsningsprocess.

20 För att åstadkomma stora kaviteter måste därför ett antal närbelägna hål tas upp, varefter substratet etsas samtidigt genom dessa hål.

För att åstadkomma en hög precision vid etsningen och sålunda 25 erhålla precisionsstrukturer är det nödvändigt att använda en anisotropt verkande ets. Eftersom en anisotrop ets verkar så att etsningen avstannar när vissa kristallplan etsats fram, kommer för det fall att etsen verkar genom ett antal små närliggande hål endast små pyramidformade gropar att bildas under varje hål, där pyramidernas basytas form väsentligen sammanfaller med hålets form. Dessa gropar kommer således inte att stå i förbindelse med varandra.

Det är givetvis möjligt, att såsom anges i nämnda patent, 35 använda en isotrop kiselets för att etsa substratet så mycket att groparna utbredds så att dessa förbinds med varandra. Därvid erhåller man en stor kavitet som inte har en väldefi-

nierad volym beroende på svårigheten att styra etsprocessen och som har buktade begränsningsytor. Det är även möjligt att efter en isotrop etsning etsa med en anisotrop ets för att erhålla en kavitet med plana begränsningytor, men problemet med att styra dess utbredning och volym kvarstår.

Det föreligger ett önskemål att åstadkomma stora kaviteter under ett membran, där kavitetens utbredning och form i förhållande till substratet kan styras med stor precision.

10

Föreliggande uppfinning innefattar en lösning som uppfyller detta önskemål.

Föreliggande uppfinning hänför sig således till ett förfa-
15 rande för tillverkning av kaviteter under ett membran i ett etsbart material, där ett maskskikt deponeras på ett substrat, varefter två eller flera hål upptages i maskskiktet, varefter substratet etsas medelst en etsvätska genom nämnda hål så att kaviteten bildas och varefter nämnda hål eventu-
20 ellt förslutes, där substratet består av monokristallint kisel, där ett offerlager av etsbart material bringas att anordnas ovanpå en del av substratytan eller alternativt ner i substratet från nämnda del av substratytan, där ett täckskikt påläggs över substratytan inklusive över offerlagret, där
25 täckskiktet mönstras med små öppningar som motsvarar de nämnda hålen, där täckskiktet etsas så att nämnda hål genom detta bildas, där en ets som etsar bort offerlagret men som inte etsar bort täckskiktet bringas att verka genom hålen så att offerlagret bortetsas, där en anisotrop kiselets bringas att
30 verka genom nämnda hål till dess etsningen avstannar vid ett kristallplan i monokislet och där hålen eventuellt förslutes medelst ett skikt som deponeras över substratytan, och utmärkes av, att ett offerlager anordnas som etsas av den ets som är anisotrop för monokislet.

35

Nedan beskrives uppfinningen närmare, delvis i samband med ett på bifogade ritning visat utföringsexempel av uppfin-

ningen, där

- figur 1 - 6 visar de principiella processtegen enligt uppfinningen

- figur 7 - 13 visar hur uppfinningen utnyttjas för att
5 tillverka en mikromekanisk komponent enligt uppfinningen

- figur 14 - 16 visar modifierade processteg enligt uppfinningen.

I figur 1 - 6 visas föreliggande förfarande för tillverkning
10 av kaviteter under ett membran i ett etsbart material, varvid ett maskskikt 4 deponeras på ett substrat 1, varefter två eller flera hål 2 upptages i maskskiktet, varefter substratet etsas medelst en etsvätska genom nämnda hål 2 så att kaviteten 3 bildas och varefter nämnda hål eventuellt förslutes.

15

Enligt uppfinningen består substratet 1 av monokristallint kisel med kristallorienteringen (100).

Enligt en första utföringsform av uppfinningen deponeras i
20 ett första steg, se figur 1, ett offerlager 5 av etsbart material på substratets 1 yta. Exempelvis och enligt en föredragen utföringsform utgöres offerlagret 5 av polykisel. Offerlagret bringas att vara tunt, företrädesvis 0.05 mikrometer till 2 mikrometer.

25

I ett andra steg mönstras offerlagret 5 genom att exempelvis en fotoresist deponeras genom spinndeponering. Fotoresisten exponeras på konventionellt sätt genom en mask, varefter den belysta fotoresisten tvättas bort. Företrädesvis utgöres
30 mönstret av rektanglar, men även andra former kan tänkas.

I ett tredje steg etsas offerlagret, företrädesvis medelst en plasmaets av reaktiv jontyp, s.k. RIE - etsning, se figur 2. Figur 2 visar situationen efter det tredje steget. Vid etsning
35 ningen bör man etsa helt igenom polykiselskiktet, men helst inte etsa monokislet. Om monokislet etsas i det tredje steget ger detta nämligen upphov till ett onödigt högt steg där mem-

branet, som bildas senare, kan spricka.

I ett fjärde steg pålägges ett täckskikt 4, vilket ovan benämnts maskskikt, över substratytan inklusive över offerlagret, se figur 3. Enligt en föredragen utföringsform utgöres täckskiktet av ett nitridlager, d.v.s. kiselnitrid.

Täckskiktet 4 utföres lämpligen med en tjocklek av cirka 1 mikrometer. Lämpligen deponeras nitriden med LPVCD-teknik.

10

I ett femte steg mönstras täckskiktet 4 med en fotoresist till små ytor som motsvarar de nämnda hålen 2.

I ett sjätte steg etsas täckskiktet 4, exempelvis med RIE-ets, så att nämnda hål 2 genom täckskiktet bildas. Situationen efter det sjätte steget visas i figur 4.

Hålen 2 har lämpligen en håldiameter eller ett minsta längdmått av omkring 2 mikrometer. Hålen 2 kan vara avlånga, sneda eller ha vilken form som helst. Enligt en föredragen utföringsform bringas nämnda hål att ha rund, kvadratisk eller rektangulär form. Hålen skall inte vara för stora eftersom de då kan vara svåra att försluta i ett senare steg. Ett typiskt avstånd mellan hålen kan vara 4 mikrometer från centrum till centrum.

I stället för ett nitridskikt kan ett annat lämpligt material väljas som täckskikt. Det väsentliga är att täckskiktet kan etsas så att nämnda hål uppstår samtidigt som en ets för offerlagret och för monokislet inte etsar täckskiktet. Exempelvis kan täckskiktet i stället utgöras av kiseldioxid.

I ett sjunde steg bringas en ets som etsar bort offerlagret 5 men som inte etsar bort täckskiktet 4 att verka genom hålen så att den kvarvarande delen av offerlagret 5 bortetsas.

Efter det att offerlagret bortetsats föreligger ett membran 6

med hål 2. Under membranet 6 föreligger ett utrymme 7 som begränsas av monokislets övre yta, vilket är markerat med den streckade linjen 8 i figur 5. Bildandet av detta utrymme är grundtanken i föreliggande uppfinning.

5

I ett åttonde steg bringas en anisotrop kiselets att verka genom nämnda hål 2 till dess etsningen avstannar vid ett kristallplan 9 i monokislet 1. Detta illustreras i figur 5.

10 Den anisotropt verkande etsen kan exempelvis vara KOH eller tetrametylammoniumhydroxid. Vid användande av någon av dessa etsar kommer polykiset att etsas helt utan begränsningar, d.v.s. genom hålen i nitridskiktet och åt sidorna så att en gemensam kavitet 7 bildas under membranet 6. Kiseletsen etsar
15 därefter monokristallint kisel utom just vid kanterna av det forna skiktet av polykisel. Där stöter den nämligen på ett kristallplan med (111)-orientering. När etsprocessen fortsätter kommer det att bildas V-formade spår eller pyramidformade gropar beroende på utbredningen av offerlagret enligt figur
20 2, vilka spår eller gropar begränsas av (111)-plan 9, såsom visas i figur 5.

I ett eventuellt nionde steg förslutes hålen 2 medelst ett skikt 10 som deponeras över substratytan. Skiktet 10 kan vara
25 ett nitridlager, ett oxidlager eller ett lager av annat lämpligt material. Ett föredraget material är tetraetylortosilikat (TEOS). Skikttjockleken bör vara större än radien på hålen i membranet. Strukturen har härvid en slät överyta som lämpar sig för många sorters vidareprocessing.

30

I stället för att pålägga ett offerskikt enligt vad som ovan beskrivits kan nämnda offerlager bildas i substratet från dess yta och ned till ett förutbestämt djup i substratet, vilket offerlager utgörs av amorft kisel som bringas att bil-
35 das genom att substratet dopas eller bestrålas med en känd metod. Denna andra utföringsform av uppfinningen illustreras i figurerna 14 - 16.

Ett offerlager 40 bildas därvid i själva substratet 1. Offerlagrets utbredning visas med streckade linjer i figurerna 14 och 15. Detta offerlager av amorft kisel kan åstadkommas på olika sätt. Exempelvis kan substratets yta där amorft kisel 5 skall bildas dopas eller bestrålas med elektroner eller med en laser. För det fall en mask behövs för att avgränsa det område som skall bestrålas kan masken utgöras av ett metallager som mönstras och etsas eller av en metallfolie med en öppning motsvarande nämnda område som läggs på substratet. 10 Ett föredraget sätt är att laserbestråla substratet, varvid någon mask inte behövs därför att lasern bringas att avlänkas så att nämnda område bestrålas.

Djupet på nämnda offerskikt av amorft kisel kan vara detsamma 15 som tjockleken av ovan nämnda pålagda offerskikt.

Efter det att nämnda amorfa kisel bildats genomföres de ovan angivna sjätte till nionde stegen, vilket illustreras i figurerna 15 och 16. Figurerna 15 och 16 motsvarar figurerna 4 20 och 6. Amorft kisel etsas både av en ets som etsar monokristallint kisel isotropt och en ets som etsar anisotropt.

Som ovan nämnts erfordras för att åstadkomma en hög precision vid etsningen av monokislet och sålunda erhålla precisions- 25 strukturer användning av en anisotropt verkande ets. Eftersom en anisotrop ets verkar så att etsningen avstannar när vissa kristallplan etsats fram, kommer när etsen verkar genom ett antal små närliggande hål endast små pyramidformade gropar att bildas under varje hål. Dessa gropar kommer således inte 30 att stå i förbindelse med varandra och följaktligen avstannar etsningen.

Genom att bilda nämnda utrymme 7 före det att den anisotropa etsningen av monokislet startas kommer en djup V-formad kavit- 35 tet 3 att bildas på ovan beskrivet sätt. Genom att undvika en isotropt verkande ets vid bortetsandet av offerlagret erhålles mycket väldefinierade kanter runt utrymmet 7.

Det är således utbildandet av utrymmet 7, genom att anordna ett offerlager som mönstras och etsas enligt figur 2 eller som utbildas i själva substratet, vilket offerlager sedan bortetsas under membranet, som en precisionsstruktur bildas.

5

Det är även möjligt att använda mikrokristallint kisel som offerlager. Väsentligt är dock att inte använda epitaxiellt kisel som offerlager.

- 10 Generellt kan andra icke här nämnda material användas som offerlager bara de etsas på beskrivet sätt, d.v.s. att materialet är kompatibelt med övriga processteg.

- Det är uppenbart att olika material kan användas för att
15 åstadkomma en precisionsstruktur i monokislet under utnyttjande av tekniken att medelst ett offerlager åstadkomma ett utrymme 6 för att möjliggöra en anisotrop etsning av monokislet, och därvid åstadkomma en väldefinierad kavitet under ett membran. Föreliggande uppfinning är inte begränsad till någon
20 speciell materialkombination och speciella etser för att åstadkomma det nyss sagda.

Genom föreliggande uppfinning kan bulkmikrostrukturer tillverkas.

25

Genom att en monokristallin skiva utgör substrat är den beskrivna processen kompatibel med VLSI-processing, varvid integrerad elektronik kan byggas upp på samma chip som kaviteten.

30

Ett exempel på en komponent som uppbygges under användande av det ovan beskrivna förfarandet beskrives nedan i samband med figur 7 - 12. Komponenten är en accelerometer.

- 35 I figur 1 illustreras en monokiselskiva 21 som oxiderats så att ett oxidlager 22 bildats. Oxiden är lämpligen kiseldioxid. Därefter mönstras och etsas oxiden så att en öppning 23 i

oxidlagret bildas.

Därefter dopas kislet som exponeras i öppningen 23 med Bor. Det är nödvändigt med en hög koncentration av Bor, exempelvis $5 \cdot 10^{20}/\text{cm}^3$. Därför används gasfasdeponering och indrivning vid en hög temperatur. Detta illustreras i figur 8, där en bordopad volym 24 erhållits.

Sedan etsas oxidlagret 22 bort, varefter ett offerlager av polykristallint kisel deponeras. Offerlagret kan ha en tjocklek av 0.1 - 1.0 mikrometer. Offerlagret mönstras och etsas så att ett antal ytor 25, 26 av offerlagret återstår, se figur 9.

Ett blivande membran 33 av kiselnitrid 27 deponeras, mönstras och etsas, såsom ovan beskrivits, så att hål 28 bildas genom nitriden och ovanpå offerlagret 26. Nitridlagret kan ha en tjocklek av 1 mikrometer. Hålen är lämpligen cirkulära med en diameter av 1 - 2 mikrometer.

20

Därefter etsas polykislet 26 och substratet 21 av monokisel genom hålen 28 på ovan beskrivet sätt, exempelvis med KOH, varvid etsningen avstannar på (111)-planen. Härvid bildas en kavitet 32 under membranet. Den kraftigt bordopade volymen 24 etsas inte alls eller åtminstone väldigt långsamt. På grund av den bordopade volymens utformning i förhållande till substratets tjocklek och orientering i förhållande till kiselkristallens orientering kommer det odopade kislet att etsas även under den bordopade volymen, såsom illustreras i figur 11. Den bordopade volymen utgör nu en massa som kan röra sig upphängd i membranet under inverkan av accelerations- resp. retardationskrafter verkande på massan. Vid sådan rörelse sker töjningar i membranet.

Därefter deponeras ytterligare nitrid 29 för att försluta hålen 28.

Det är nu möjligt att utföra de konventionella momenten inom VLSI-tekniken eller sensorprocessing som krävs för att tillverka resistiva töjningsgivare 30, 31 på membranet. Enligt ett utförande kan piezoresistiva töjningsgivare åstadkommas 5 på känt sätt genom att ett skikt av polykisel deponeras och dopas samt mönstras och etsas. Töjningsgivarna förses sedan med kontakter på sedvanligt sätt.

Det bordopade området har lämpligen formen av en kvadrat som 10 roterats 45 grader för att underlätta underetsningen, se figur 13. I figur 13 visas fyra stycken piezoresistiva töjningsgivare 34.

Det är uppenbart att en mängd olika sensorer och mikromekani- 15 ska komponenter kan tillverkas under utnyttjande av föreliggande uppfinning. Vidare kan som ovan nämnts ett antal olika material och etsar begagnas.

Föreliggande uppfinning skall därför inte anses begränsad 20 till ovan angivna utföringsformer utan kan varieras inom dess av bifogade patentkrav angivna ram.

Patentkrav.

1. Förfarande för tillverkning av kaviteter under ett membran i ett etsbart material, där ett maskskikt deponeras på
5 ett substrat, varefter två eller flera hål upptages i maskskiktet, varefter substratet etsas medelst en etsvätska genom nämnda hål så att kaviteten bildas och varefter nämnda hål eventuellt förslutes, där substratet består av monokristallint kisel (1), där ett offerlager (5;40) av etsbart material
10 bringas att anordnas ovanpå en del av substratytan eller alternativt ner i substratet från nämnda del av substratytan, där ett täckskikt (4) påläggs över substratytan inklusive över offerlagret (5;40), där täckskiktet (4) mönstras med små öppningar som motsvarar de nämnda hålen, där täckskiktet (4)
15 etsas så att nämnda hål (2) genom detta bildas, där en ets som etsar bort offerlagret (5;40) men som inte etsar bort täckskiktet (4) bringas att verka genom hålen (2) så att offerlagret (5;40) bortetsas, där en anisotrop kiselets bringas att verka genom nämnda hål (2) till dess etsningen
20 avstannar vid ett kristallplan (9) i monokislet och där hålen (2) eventuellt förslutes medelst ett skikt (10) som deponeras över substratytan, k ä n n e t e c k n a t a v, att ett offerlager (5;40) anordnas som etsas av den ets som är anisotrop för monokislet (1).

25

2. Förfarande enligt krav 1, k ä n n e t e c k n a t a v, att ett polykiselskikt pålägges utgörande offerlager (5).

3. Förfarande enligt krav 1 eller 2, k ä n n e t e c k n a t
30 a v, att offerlagret (5) deponeras på substratytan, av att offerlagret (5) mönstras och i ett tredje steg etsas till önskad storlek, varefter nämnda täckskikt (4) påläggs över substratytan inklusive över offerlagret (5).

35 4. Förfarande enligt krav 1, 2 eller 3, k ä n n e t e c k n a t a v, att ett nitridlager pålägges utgörande nämnda täckskikt (4).

5. Förfarande enligt något av föregående krav, k ä n n e -
t e c k n a t a v, att offerlagret (5;40) bringas att vara
stunt, företrädesvis 0.05 mikrometer till 2 mikrometer.

6. Förfarande enligt något av föregående krav, k ä n n e -
t e c k n a t a v, att nämnda hål (2) bringas att ha rund,
kvadratisk eller rektangulär form.

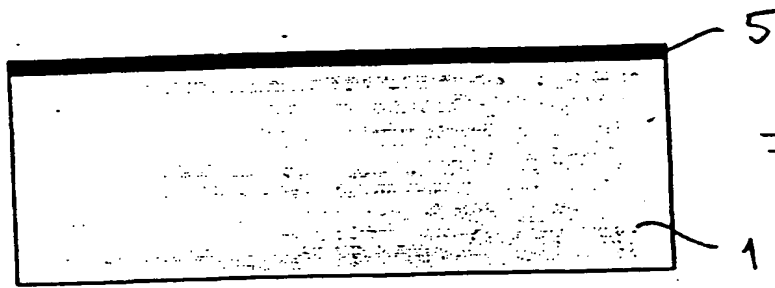


Fig 1

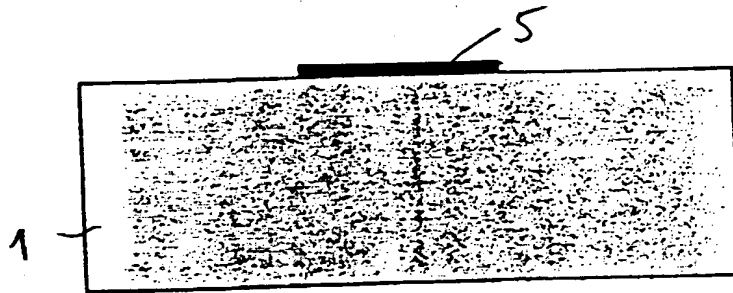


Fig 2

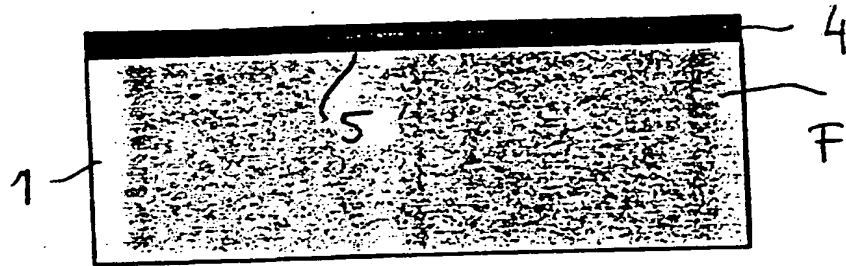


Fig 3

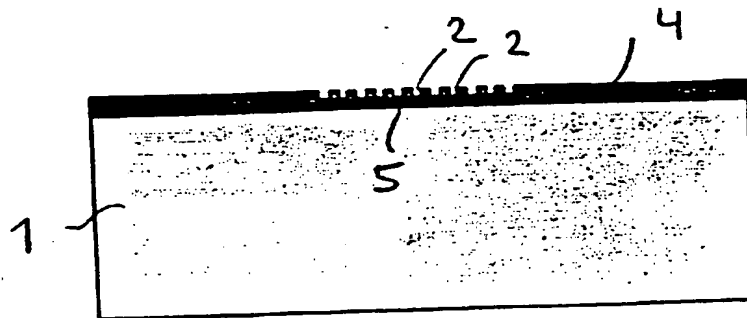


Fig 4

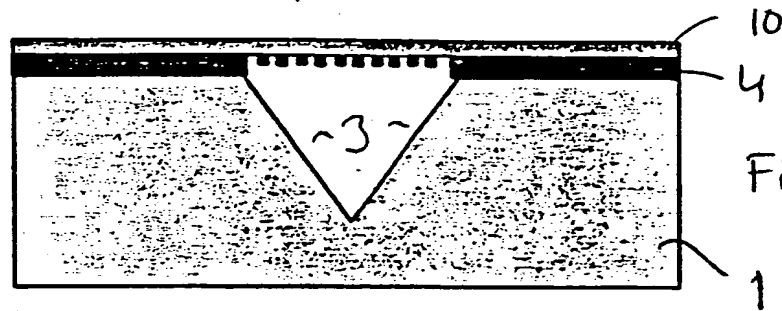
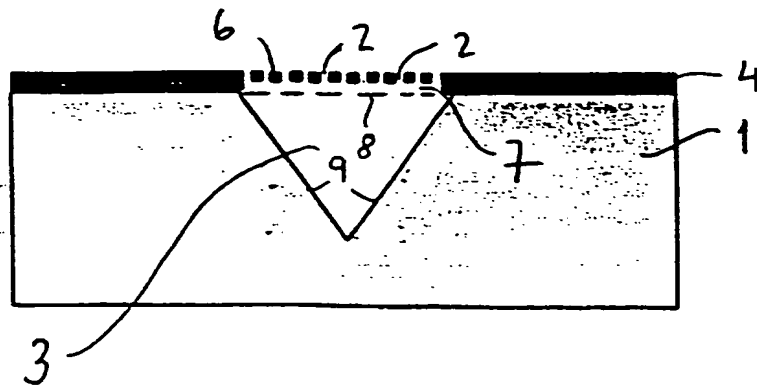
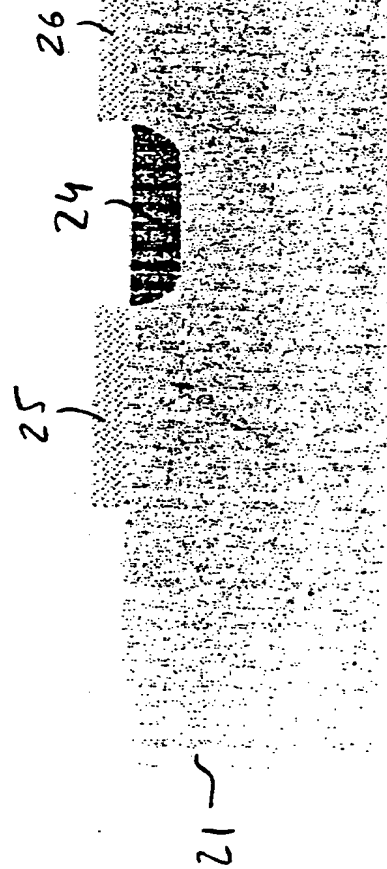
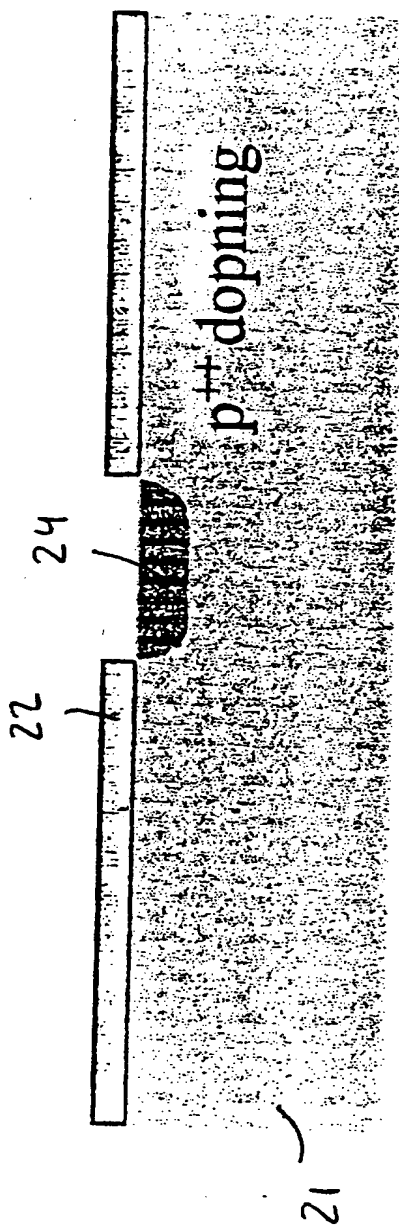
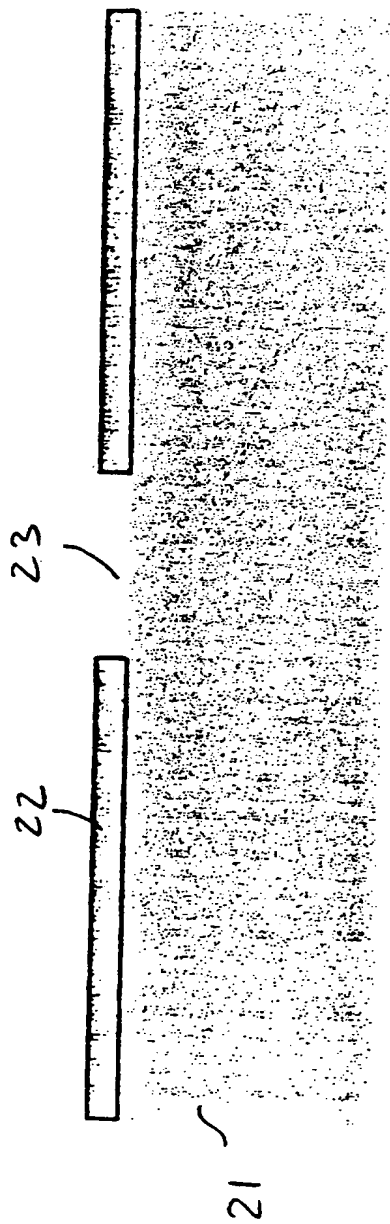


FIG. 5



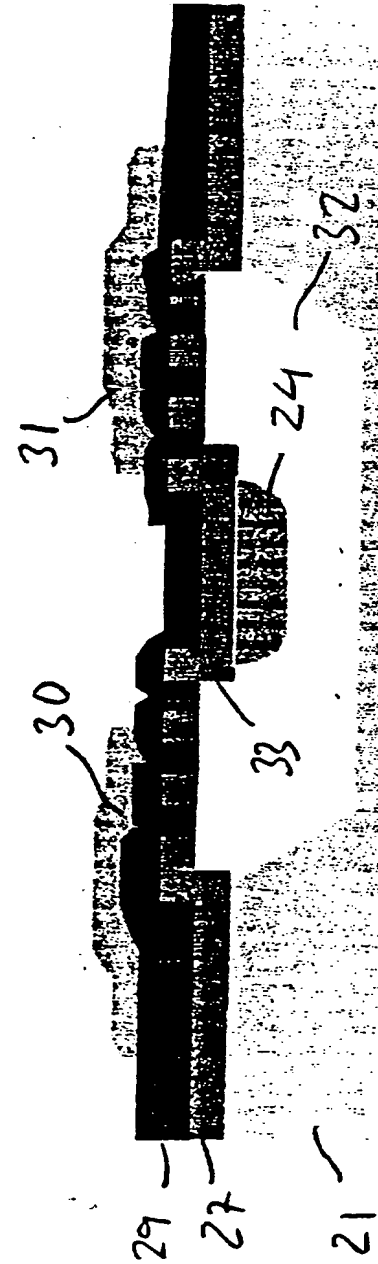
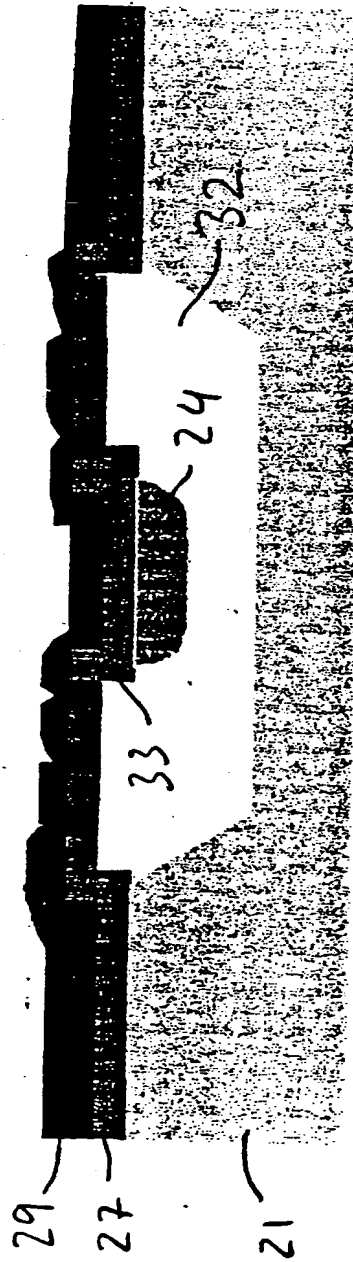
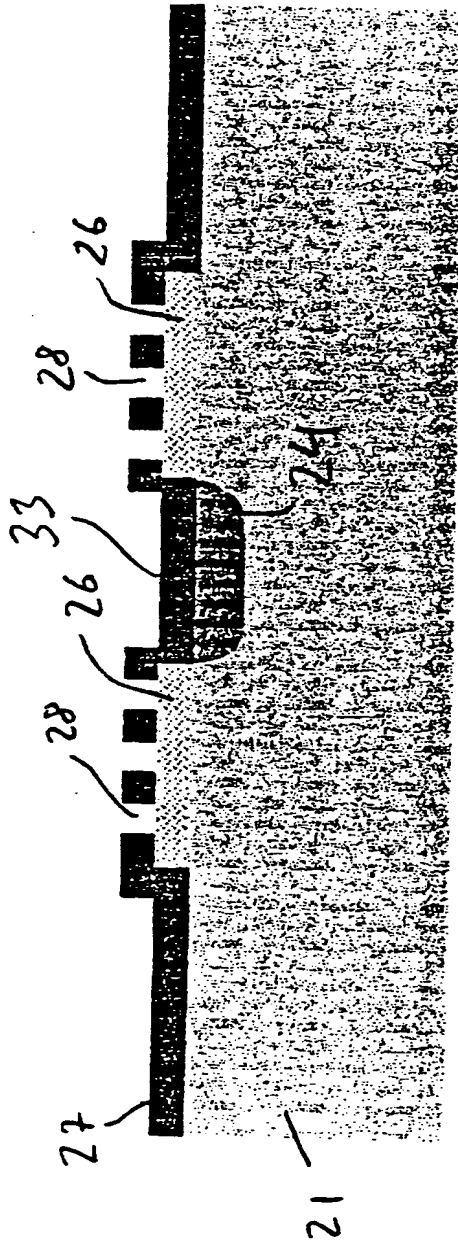
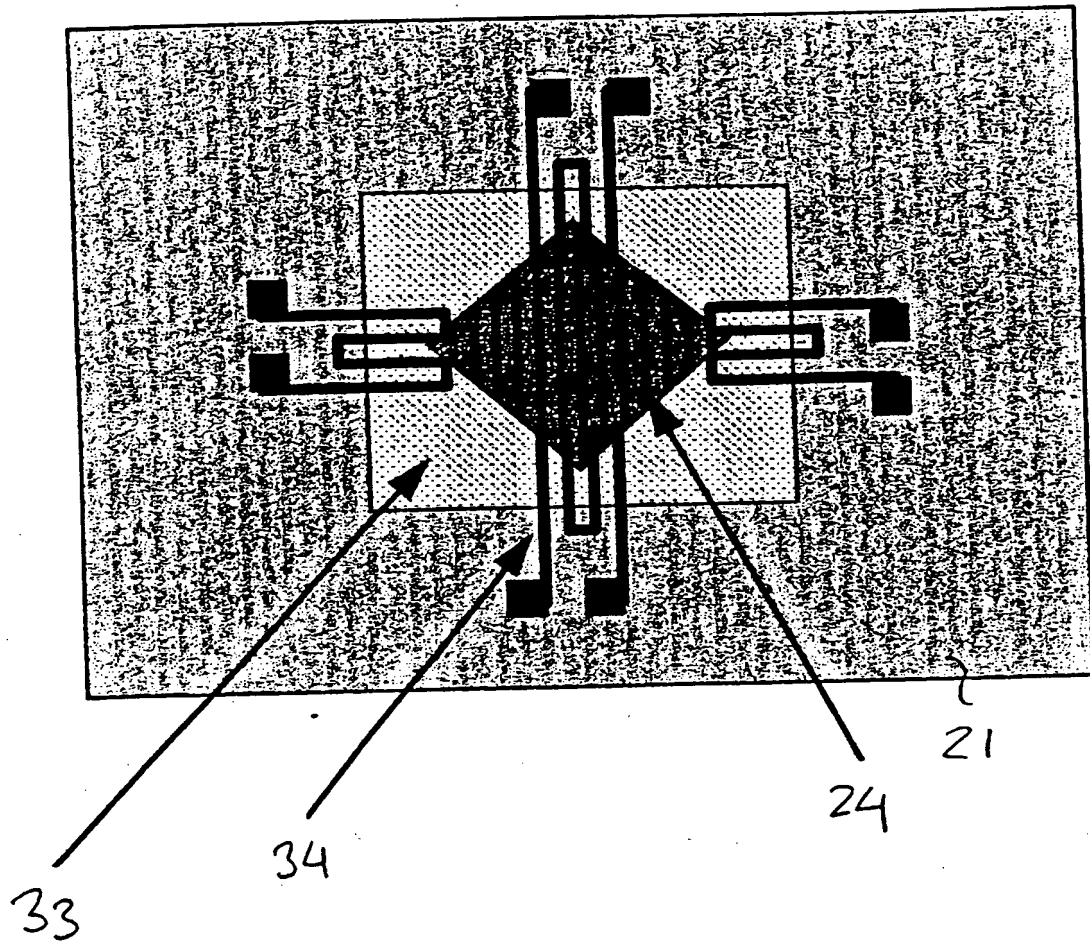


Fig 13



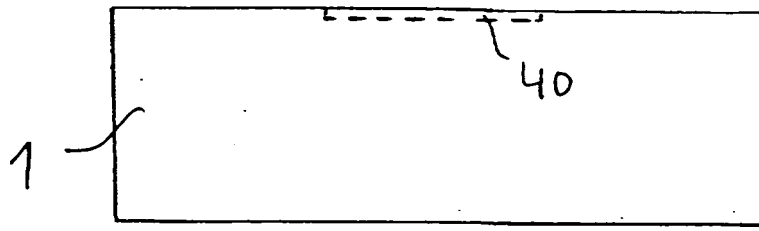


Fig 14

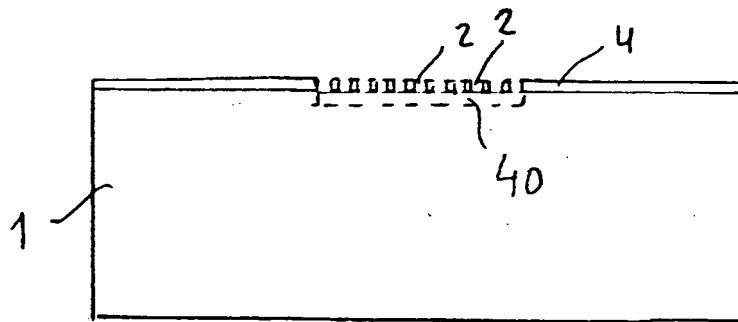


Fig 15

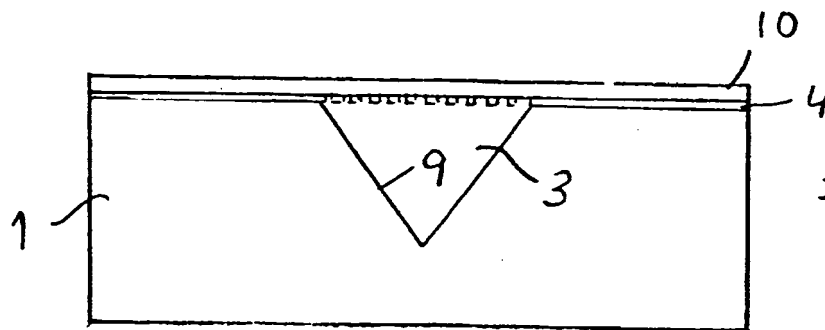


Fig 16